

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Ingeniería Civil

**Escuela Profesional de Ingeniería
Civil**



**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
“ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO ENTRE EL MÉTODO DE
PILOTES ENTUBADOS CON RECURSO DE TUBERÍA
RECUPERABLE Y EL MÉTODO PILOTES HINCADOS MÁS
ADECUADOS PARA PUENTES VEHICULARES”**

Presentado por:

Br. JUAN ALEJANDRO SOSA ARANGO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Línea de Investigación: Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo

Sub Línea de Investigación: Línea de Construcción

Piura, Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO ENTRE EL MÉTODO DE
PILOTES ENTUBADOS CON RECURSO DE TUBERÍA
RECUPERABLE Y EL MÉTODO PILOTES HINCADOS MÁS
ADECUADO PARA PUENTES VEHICULARES”**

Línea de Investigación: Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo

Sub Línea de Investigación: Línea de Construcción

Bach. Juan Alejandro Sosa Arango

Mgt. Rosario Chumacero Córdova
Asesora

DECLARACIÓN JURADA

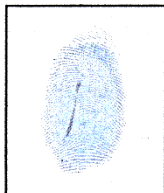
DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

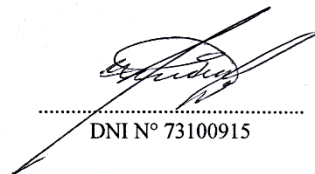
Yo: Juan Alejandro Sosa Arango identificado con DNI N° 73100915, en la condición de egresado, de la Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Profesional de Ingeniería Civil y domiciliado en Calle Amazonas N°321, Distrito de Castilla, Provincia de Piura y Departamento de Piura, con Celular N° 944992190, Email: alejandro.sosa.arango@gmail.com.

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el trabajo de investigación que presento a la Oficina Central de Investigación (OCIN), es original, no siendo copia parcial ni total de un trabajo de investigación desarrollado, y/o realizado en el Perú o en el Extranjero, en caso de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo el siguiente.

Piura, agosto del 2019.




DNI N° 73100915

Artículo 411.- En que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación a hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento de Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



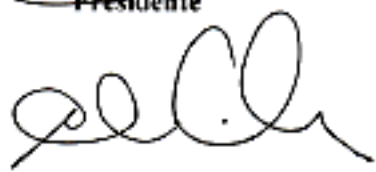
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**"ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO ENTRE EL MÉTODO DE
PILOTES ENTUBADOS CON RECURSO DE TUBERÍA
RECUPERABLE Y EL MÉTODO PILOTES HINCADOS MÁS
ADECUADO PARA PUENTES VEHICULARES"**

Línea de Investigación: Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo

Sub Línea de Investigación: Línea de Construcción

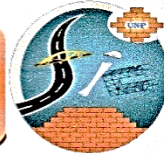

Ing. Adela Soledad Augusto Vilchez
Presidente


Ing. Carlos Javier Silva Castillo
Secretario


Ing. Luis Alberto Benites Ávalos
Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Dirección de la Unidad de Investigación
Mg. Ing. Carlos Javier Silva Castillo



ACTA DE EVALUACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

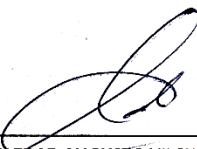
Los miembros del jurado calificador del informe de investigación denominado "ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO ENTRE EL MÉTODO DE PILOTES ENTUBADOS CON RECURSO DE TUBERÍA RECUPERABLE Y EL MÉTODO PILOTES HINCADOS MÁS ADECUADO PARA PUENTES VEHICULARES", presentado por el bachiller SOSA ARANGO JUAN ALEJANDRO, participante del Programa de Actualización para Titulación Profesional en la Especialidad de Ingeniería Civil Versión XVII 2019, asesorado por la Mg. Ing. Rosario Chumacero Córdova. Revisado y absueltas las observaciones formuladas por el jurado calificador, lo declaran:

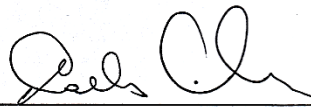
Aprobado

Con la nota:

Mg. Ing. ADELA SOLEDAD AUGUSTO VILCHEZ	<u>16</u>
Mg. Ing. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO	<u>17</u>
Ing. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS	<u>16</u>

Piura, 13 de agosto de 2019


Mg. Ing. ADELA SOLEDAD AUGUSTO VILCHEZ
PRESIDENTE-JURADO CALIFICADOR


Mg. Ing. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO
SECRETARIO-JURADO CALIFICADOR


Ing. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS
VOCAL-JURADO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedicada a mis amados padres Ana y Alejandro, quienes me enseñaron el valor del esfuerzo, dedicación y perseverancia, a mis hermanas por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera.

Gracias por todo.

AGRADECIMIENTO

Gracia a Dios por permitirme contar con una familia hermosa, gracias a ellos por apoyarme en cada decisión y proyecto que he tomado, por estar siempre en las buenas y en las malas, los quiero de todo corazón.

Gracias al Ing. Patrick C. de corazón, por su criterio y aliento al brindarme la información necesaria para lograr desarrollar el proyecto, por ser un excelente ingeniero y amigo a la vez.

Gracias a la Ing. Rosario Chumacero por ser mi asesora y acompañarme en este proceso.

Gracias a las personas que de una u otra manera, han sido claves en mi vida personal y profesional a mis familiares, amigos, profesores de escuela, universidad, a aquellas personas que me empujaron a realizar el presente trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	xiv
I. Aspectos de la Problemática	1
1.1 Problema de Investigación	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
II. Marco Teórico	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Bases Teóricas	3
2.2.1 Definición de Pilote	3
2.2.2 Función de los Pilotes	4
2.2.3 Tipos de Pilotes	4
2.2.3.1 Según el material.....	4
2.2.3.2 Según la transferencia de cargas	7
2.2.3.3 Según el diámetro del pilote	10
2.2.3.4 Según el sistema constructivo	10
2.2.4 Partes de un Pilote	13
III. Marco Metodológico	14
3.1 Método de pilotes entubado con recurso de tubería recuperable	15
3.1 Método de Hincado de Pilotes	26
3.3 Materiales	32
3.4 Aspectos éticos	32
IV. Resultados y Discusiones.....	33
	viii

4.1 Histogramas del Método de Pilotes Entubados con Tubería Recuperable	33
4.2 Histogramas del Método de Pilotes Hincados	36
4.3 Análisis de precios unitarios del método pilotes entubados con recursos de tubería recuperable	38
4.4 Análisis de precios unitarios del método de hincado de pilotes	40
4.5 Presupuesto del Método de pilotes entubados con recursos de tubería recuperable	41
4.6 Presupuesto del Método de Hincado de Pilotes	42
4.7 Cuadro Comparativo de los Métodos de Pilotaje para un Puente Vehicular.....	42
V. Conclusiones	44
VI. Recomendaciones	45
VII. Bibliografía	46

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Figura 2.01 Pilote	4
Figura 2.02 Pilote de acero	5
Figura 2.03 Pilote de concreto	6
Figura 2.04 Pilote de madera	7
Figura 2.05 Pilote rígido de primer orden	8
Figura 2.06 Pilote rígido de segundo orden	9
Figura 2.07 Pilote flotante	10
Figura 2.08 Pilote prefabricado de concreto	11
Figura 2.09 Pilote con extracción de tierra	12
Figura 2.10 Partes de un pilote	13
Figura 3.01 Puente vehicular de estudio.....	14
Figura 3.02 Equipo de perforación SOILMEC R620.....	16
Figura 3.03 Mesa oscilatoria (morsa).....	17
Figura 3.04 Tubo molde recuperable.....	18
Figura 3.05 Excavación utilizando barra Kelly.....	19
Figura 3.06 Balde.....	20
Figura 3.07 Cazo o bucket.....	20
Figura 3.08 Carotier.....	20
Figura 3.09 Acopio de material extraído	21
Figura 3.10 Colocación de armadura con grúa.....	22
Figura 3.11 Colocación de tubería tremie en interior de perforación.....	23
Figura 3.12 Vaciado de concreto en pilote.....	24
Figura 3.13 Descabezado de pilote.....	25
Figura 3.14 Perforadora SOILMEC SR-145.....	26
Figura 3.15 Replanteo de pilote.....	27
Figura 3.16 Replanteo de pilote.....	28

Figura 3.17 Hincado de pilote.....	29
Figura 3.18 Proceso de Hincado de Pilote.....	30
Figura 3.19 Proceso Descabezado de pilote.....	31
Figura 4.01 Histograma Mes 1	33
Figura 4.02 Histograma Mes 2	34
Figura 4.03 Histograma Mes 3	34
Figura 4.04 Histograma Mes 4	35
Figura 4.05 Puente Virú	36
Figura 4.06 Histograma Mes 1	37
Figura 4.07 Histograma Mes 2	37
Figura 4.08 Suministro de Pilotes (Apu)	38
Figura 4.09 Perforado de Pilotes (Apu)	39
Figura 4.10 Suministro de Pilotes (Apu).....	40
Figura 4.11 Hincado de Pilotes (Apu).....	41
Figura 4.12 Presupuesto Método de Pilotes Entubados con Recurso de Tubería Recuperable...	
.....	41
Figura 4.13 Presupuesto Método Hincado de Pilotes	42
Figura 4.14 Cuadro Comparativo	42

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo presentar un análisis técnico – económico entre el método de pilotes entubados con recurso de tubería recuperable y el método de pilotes hincados y determinar cuál de los dos métodos es el más adecuado para utilizar en puentes vehiculares.

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado sobre la cimentación de la obra de construcción del Puente Arica, ubicado a la altura del Km. 35 de la carretera Panamericana Sur, distrito de Lurín, el mismo que reemplazará a la estructura instalada hace más de 50 años y que afronta un crítico deterioro por el paso del tiempo.

La investigación se sustenta en conceptos recogidos de diferentes autores, trabajo de campo y recopilación de obras ejecutadas bajo dichos procedimientos.

ABSTRACT

The objective of this research work is to present a technical – economic analysis between the method of tube piles with recoverable pipe resource and the method of driven piles and to determine which of the two methods is the most suitable for use in vehicular bridges.

The research work has been developed on the foundation of the construction work of the Arica Bridge, located at 35 km. of the South Panamericana highway, Lurin district, which will replace the structure installed more than 50 years ago and that faces a critical deterioration due to the passage of time.

The research is based on concepts collected from different authors, field work and compilation of works executed under these procedures.

INTRODUCCIÓN

Los pilotes desarrollan su resistencia mediante la punta y/o fuste, a través de la fricción de contacto con el material del suelo que los rodea. Cuando la zona extrema del pilote alcanza un estrato como la roca, no se considera la resistencia friccional, de forma tal que el pilote trabaja sólo por punta, como una columna. No ocurre de igual manera para el caso de estratos de suelo compuestos por limos o arcillas. (Donini & Orler, 2018)

Es así que Dyna (2009) afirma: “Las cimentaciones profundas son usadas con el fin de brindar estabilidad a una variedad de estructuras tales como puentes, presas y edificaciones en condiciones donde las cimentaciones superficiales no la proporcionan”.

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Por eso deben ser más profundas, para poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Este tipo de cimentación se utiliza cuando se tienen circunstancias especiales:

- Una construcción determinada extensa en el área a sustentar.
- Una obra con una carga demasiada grande no pudiendo utilizar ningún sistema de cimentación especial.
- Que el terreno a ocupar no tenga resistencia o características necesarias para soportar construcciones muy extensas o pesadas. (Coursehero, s.f.)

Es ahí donde utilizamos los pilotes los cuales son elementos de cimentación profunda que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando este se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación convencional como son zapatas o losas.

“Los pilotes entubados con recursos de tubería recuperable y pilotes hincados son dos tecnologías de perforación de pilotes más usados en Perú. Ya han sido utilizados en diversas obras tantas edificaciones (muros de pantalla), portuarias (muelles) y viales (puentes vehiculares)” (De Sales, 2014), siendo este último el tema que voy a tratar.

En el primer capítulo se tiene en cuenta el problema que conlleva a realizar el trabajo de investigación, la justificación y objetivos que pretendo dar a conocer.

En el segundo capítulo nos enfocaremos sobre qué es, cuáles son las partes y cómo es que funcionan los pilotes.

En el tercer capítulo se menciona el procedimiento de construcción de cada uno de los sistemas de pilotes: pilotes entubados con recurso de tubería recuperable y pilotes hincados.

En el cuarto capítulo se han elaborado histogramas, análisis de precios unitarios y presupuestos para así poder analizar y elaborar un cuadro comparativo de los métodos de pilotaje para un puente vehicular.

En el quinto capítulo se da a conocer las conclusiones a las que llevó a realizar el trabajo de investigación.

En el sexto capítulo se dan recomendaciones y así poder seguir realizando estudios sobre el tema de pilotos.

En el séptimo capítulo se dan a conocer las diferentes fuentes bibliográficas en las cuales me he basado para así poder realizar el presente trabajo de investigación.

I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Hoy en día vemos estructuras como puentes, puertos, edificaciones de muchos niveles en suelos de capacidades portantes realmente bajas comparadas con su propio peso, pero alguna vez nos preguntamos qué tipo de cimentación es utilizada, si son cimentaciones corridas, zapatas, o quizás pilotes.

Conocemos sobre cimentaciones profundas, en este caso sobre pilotes, su definición, los tipos de pilotes que hay, la forma de cómo diseñarlos, pero nos preguntamos cómo es que se realizan en la vida real, qué tan fácil o complicado es su ejecución en campo, cuál de entre varios métodos es el más accesible en tiempo y costo.

Por lo expuesto el problema de investigación sería:

¿Cuál de los dos métodos de pilotes, entubados con recursos de tubería recuperable o hincados, es el más económico, rápido y viable para poder aplicar a puentes vehiculares?

1.2 JUSTIFICACIÓN

“La existencia de una amplia gama de metodologías para determinar el proceso constructivo de una cimentación piloteada en suelos granulares y arcillosos” (Ptolomeo, s.f) ocasiona que el proceso de ejecución involucre la selección de un determinado método de entre todas las metodologías existentes. Para llevar a cabo dicha selección es necesario tener en cuenta la precisión y el conservadurismo de cada metodología planteada. Razón por la cual es fundamental realizar una comparación cuantitativa de los resultados teóricos contra los experimentales.

Por otro lado, en los últimos años la demanda creciente de servicios públicos ha llevado al desarrollo de importantes obras de infraestructuras como son: Nuevo terminal portuario de Paita (muelle), Puente Arica (Sur de Lima), Puente Luis Eguiguren (Piura), siendo parte fundamental de este tipo de proyectos el diseño y ejecución de su cimentación.

Esta investigación es un aporte al sector constructivo público y privado, pues tiene la finalidad de determinar cuál es el método más factible en el cual se emplea la menor cantidad de recursos, la menor cantidad de tiempo pero que satisfaga y cumpla con todas las especificaciones y necesidades del proyecto, el análisis entre los presupuestos y costos unitarios de los procesos constructivos, el tipo de maquinaria y los materiales de cada método:

- Método pilotes de entubado con recurso de tubería recuperable.
- Método pilotes hincados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Determinar mediante un análisis técnico - económico entre el método de pilotes entubados con recurso de tubería recuperable y el método pilotes hincados, cuál es el más adecuado para puentes vehiculares.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Conocer acerca de los tipos de pilotes, su funcionamiento, la diferencia entre uno y otro.
- Evaluar las razones de utilizar un tipo de pilote diferente a otro.
- Comparar la ventajas y desventajas que cada tipo de pilote posee.
- Desarrollar los análisis de precios unitarios de las actividades de los dos métodos de pilotaje
- Elaborar un cuadro comparativo de tiempo y costo de ejecución de los dos métodos de pilotaje.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

La tesis de post grado del Ingeniero Rodrigo Vásquez Colpihueque: “Metodología del proceso de construcción y gestión de calidad de pilotes in situ de la obra borde Río USS. perteneciente a la constructora Choshuenco Ltda. En comparación con la norma europea UNE-EN 1536”, afirma que: En la realización de la tesis, se logró hacer una comparación del proceso de pilotaje con la norma UNE-EN 1536, por lo que se va a entender que la utilización de esta norma en trabajos de pilotaje hormigonados in situ, es aplicable en nuestro país, ya que considera varios aspectos del proceso que son realizados correctamente, pero no son controlados o no queda un registro de estos como son por ejemplo la verificación de la verticalidad en la colocación del entubado. Dentro de los aspectos que se pudieran mejorar, pueden ser normar las características o la modernización de las maquinarias utilizadas, para así poder evitar de alguna forma las fallas de esta y la inminente pérdida de tiempo en su reparación. También se pueden establecer criterios nacionales para realizar ensayos a los pilotes, dependiendo de las características del suelo.

Según la Tesis post grado de Katerine Placencia: “Cálculo y diseño de pilotes para el puente Naranjal 1 (PNA1) que forma parte del proyecto control de inundaciones del Río Naranjal”, nos dice: Para el diseño geotécnico de la resistencia por punta de los pilotes de concreto reforzados, existen diversidad de métodos, los cuales se adoptan para cada caso especial, sin embargo, para el diseño propuesto en la investigación utilizamos el método Meyerhof y el método Janbu, por ser los métodos más desfavorables para el cálculo de capacidad de carga. Para el diseño estructural se utilizó las normas Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO 2014) y las normas internacionales como ACI-318-11.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Definición de pilotes

El pilote es un elemento estructural y solución de cimentación profunda que se introduce dentro del suelo para poder transferir las cargas verticales de una estructura de suelo cuando este no posee la resistencia suficiente para soportar las cargas transmitidas por una cimentación superficial, sean zapatas o una platea. Consiste en un elemento similar una columna que puede ser de madera, acero o concreto armado, dependiendo de las condiciones ambientales y la magnitud de las cargas que se tengan que transmitir al suelo. (Portugal, 2016, p 13)



Figura 2.01 Pilote

Fuente: Ingenieros y Arquitectos

2.2.2 Función de los pilotes

(...) Evidentemente los pilotes se utilizan cuando las condiciones del suelo no son adecuadas para el empleo de zapatas o losas de cimentación o cuando la construcción de estas en los lugares dispuestos para su emplazamiento son inadecuados, antieconómicas o bien no viables. Por consiguiente, los pilotes van generalmente asociados con problemas difíciles de cimentación y con las condiciones peligrosas del suelo. (Montoya & Pinto Vega, 2010, p 17).

Los pilotes transmiten al terreno cargas que reciben de la estructura mediante una combinación de rozamiento lateral o resistencia por fuste y resistencia a la penetración o resistencia por punta. Ambas dependen de las características del pilote y del terreno, y de la combinación idónea es el objetivo del proyecto. (Ingeniería Civil, s.f.)

2.2.3 Tipos de pilotes

2.2.3.1 Según el material:

➤ **Pilotes de Acero:**

Los pilotes de acero son generalmente a base de tubos o de perfiles H laminados. Los pilotes de tubo se hincan en el terreno con sus extremos abiertos o cerrados. Las vigas de acero de patín ancho y de sección I también se usan; sin embargo, se prefieren los perfiles H porque los espesores de sus almas y patines son iguales.

Debido a su alta resistencia y ductilidad, los pilotes de acero pueden hincarse en suelos duros y soportar grandes cargas. También su resistencia en tracción es más alta que cualquier tipo de pilote, por ello, son esencialmente apropiados para aplicaciones con grandes cargas de tracción. (Urbina R. , 2004, p. 4)



Figura 2.02 Pilotes de acero

Fuente: Pilotes Metálicos Hincados

➤ Pilotes de Concreto

Los pilotes de concreto son elementos de concreto reforzado prefabricado o vaciados in situ. Usualmente tienen una sección transversal cuadrada u octagonal y soportan cargas axiales de trabajo de 450 a 3500 KN.

Actualmente los pilotes pretensados son una buena alternativa, estos tienen mayor resistencia a la flexión y son consecuentemente menos susceptibles a dañarse durante su manipuleo e hincado.

Los pilotes de concreto no toleran condiciones difíciles de hincado como los de acero y tienen una mayor probabilidad de dañarse. Sin embargo, los pilotes de concreto son muy populares porque son más baratos que los pilotes de acero y su capacidad de carga es importante. (Urbina R. , 2004, p. 5)

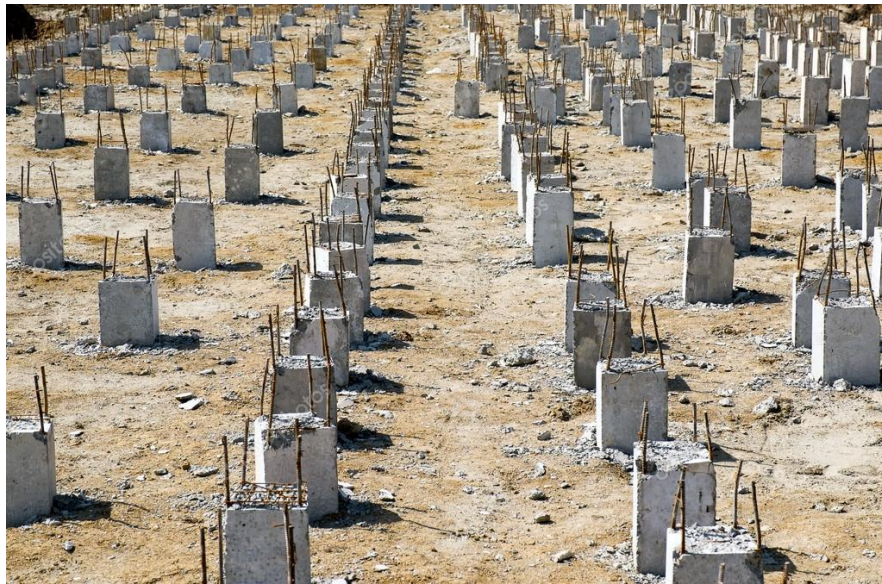


Figura 2.03 Pilotes de concreto

Fuente: mx.depositphotos.com

➤ **Pilotes de Madera**

Los pilotes de madera son troncos de árboles cuyas ramas y corteza fueron cuidadosamente recortadas. La longitud máxima de la mayoría de pilotes de madera es de entre 10 y 20 m. Para calificar como pilote, la madera debe ser recta, sana y sin defectos.

Los pilotes de madera no resisten a altos esfuerzos al hincarse; por lo tanto, su capacidad se limita a aproximadamente 25 – 30 ton. Se deben usar elementos de acero para evitar daños en la punta del pilote. La parte superior de los pilotes de madera también podría dañarse al ser hincados, para evitarlo se usa una banda metálica o un capuchón o cabezal. (Urbina R. , 2004, p. 5)

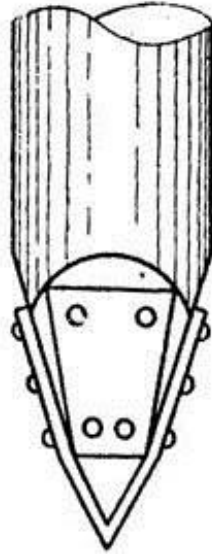


Figura 2.04 Pilote de madera

Fuente: Cimentaciones 2

2.2.3.2 Según la transferencia de carga:

- Pilotes rígidos de primer orden (por punta):

La transferencia de cargas por punta usualmente suelen darse cuando los estratos de suelos próximos a la superficie tienen una capacidad portante pobre y existe un estrato de suelo resistente (o roca) a una profundidad accesible. (Portal, 2016, p. 31)

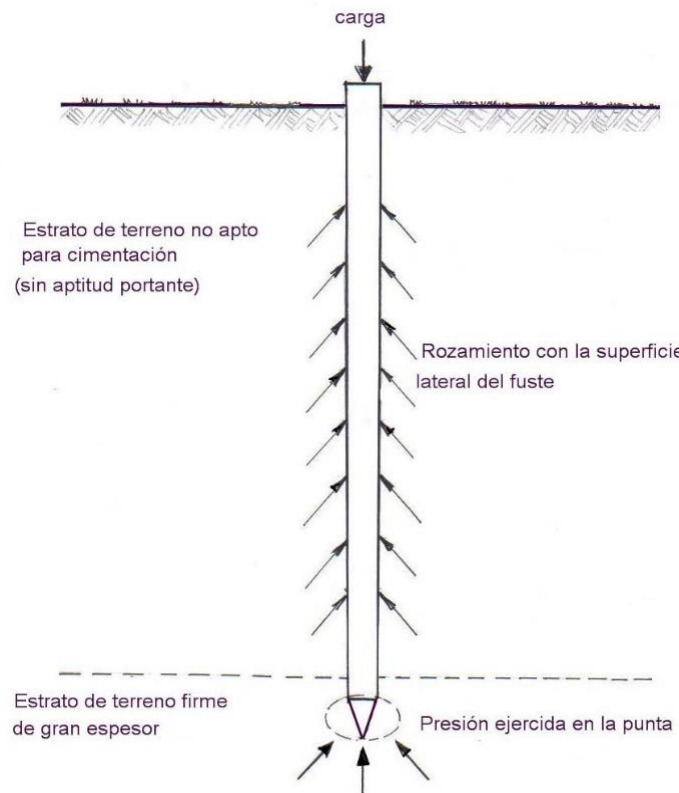


Figura 2.05 Pilote rígido de Primer Orden

Fuente: ingecivilcusco.blogspot.com

➤ Pilotes rígidos de segundo orden (por fricción):

La transferencia de cargas por fricción se da cuando no existe un estrato de suelo resistente (o roca) a una profundidad accesible, por lo que los estratos de suelo tendrán que absorber las cargas del pilote directamente por fricción. (Portal, 2016, p. 31)

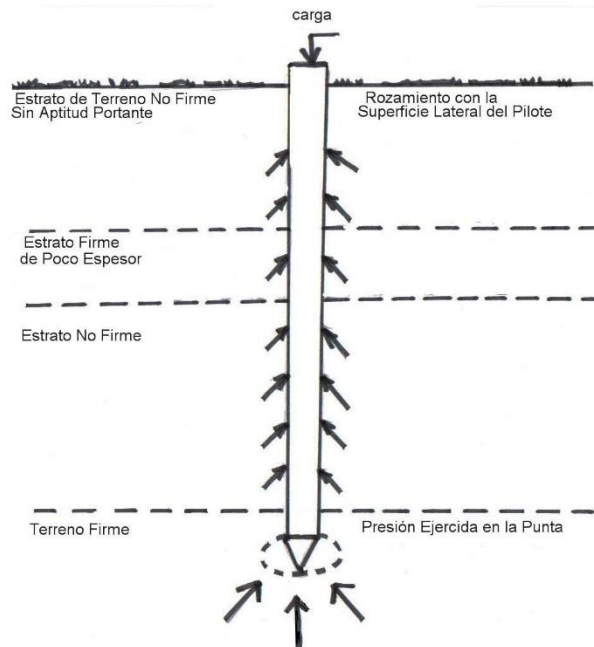


Figura 2.06 Pilote rígido de Segundo Orden

Fuente: ingecivilcusco.blogspot.com

➤ Pilotes flotantes:

Cuando el terreno donde se construye posee el estrato a gran profundidad; en este caso los pilotes están sumergidos en una capa blanda y no apoyan en ningún estrato de terreno firme, por lo que la carga que transmite al terreno los hace únicamente por efecto de rozamiento del fuste del pilote, su valor resistente es una función de la profundidad, diámetro y naturaleza del terreno. (Ingeniería Civil, s.f.)

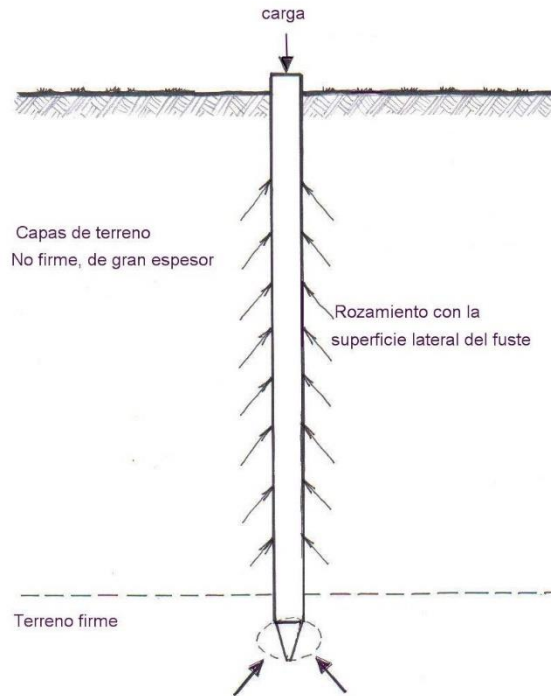


Figura 2.07 Pilote flotante

Fuente: ingecivilcusco.blogspot.com

2.2.3.3 Según el diámetro del pilote:

- ❖ Micro pilote:
Diámetro menor a 200 mm. Se emplean en obras de recalce.
- ❖ Pilotes convencionales:
De 300 a 600 mm.
- ❖ Pilotes de gran diámetro:
Diámetro mayor de 800 mm.

2.2.3.4 Según el sistema constructivo:

- ❖ Pilotes prefabricados
Los pilotes prefabricados también se los conoce por el nombre de pilotes pre moldeados, estos pertenecen a la categoría de cimentaciones profundas; pueden estar

construidos con concreto armado ordinario o con concreto pretensado similares a poste de luz o secciones metálica. (Ingeniería Civil, s.f.)

Estos pilotes se hincan o clavan verticalmente sobre la superficie del terreno por medio de golpes, esto mediante un martinete, pala metálica equipada, máquinas a golpe de masas o con martillos neumático esto hace que el elemento descienda, penetrando el terreno, tarea que se prolonga hasta que se alcanza la profundidad del estrato resistente y se produzca el “rechazo” del suelo en caso de ser un pilote que trabaje por “punta”, o de llegar a la profundidad de diseño, en caso de ser un pilote que trabaje por “fricción”. (Ingeniería Civil, s.f.)



Figura 2.08 Pilote Prefabricado de concreto

Fuente: 360 en concreto.

❖ **Pilotes de desplazamiento**

Los pilotes de desplazamiento son los pilotes que se construyen sin extraer las tierras del terreno y tienen dos sistemas de ejecución diferentes.

- Pilotes de desplazamiento con azuche
Pilotes de desplazamiento con tapón de gravas (Ingeniería Civil, s.f.)

❖ **Pilotes con extracción de tierra**

Este sistema de pilotaje por extracción de tierra requiere que las tierras de la excavación sean extraídas antes de la ejecución del hormigonado de pilotes.

En terrenos poco cohesivos o cuando el terreno resistente queda bajo el nivel freático, se pueden producir desmoronamientos o filtraciones de la napa. Para evitar estos problemas se recurre a una camisa metálica, es un tubo que tiene la misma función de un encofrado; esta camisa se va clavando al tiempo que se efectúa la excavación. Estas camisas pueden ser recuperable o perdidas si se dejan en el terreno; en este caso, el tubo metálico ha sido tratado en su cara externa con pintura adecuada para evitar la corrosión. (Ingeniería Civil, s.f.)

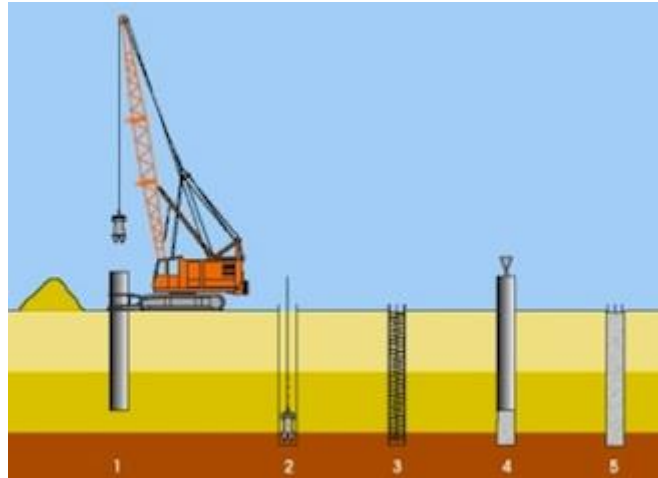


Figura 2.09 Pilote con extracción de tierra

Fuente: Canal construcción

❖ **Pilotes vaciados in situ**

Los pilotes vaciados in situ son un tipo de pilotes ejecutados en obra, tal como su nombre lo indica, en el sitio, en el lugar.

- **Pilotaje “in situ” en seco:**

Este tipo de pilotaje comprende diferentes fases como son la perforación del subsuelo con hélice o cazo, colocación de armadura de acero y vertido de concreto mediante tubo tremie que se realiza de bajo hacia arriba. (Ingeniería Civil, s.f.)

- **Pilotaje “in situ” con camisa recuperable o perdida:**

En terrenos fangosos o cercanos al mar o cuencas de ríos. Este pilotaje comprende la introducción de camisas para sujeción de las paredes a perforar, perforación del terreno, colocación de armadura y vertido de concreto. (Ingeniería Civil, s.f.)

- **Pilotaje “in situ” con ayuda de lodos bentoníticos**

Esta perforación no se realiza en seco ya que hay que suministrar el lodo bentonítico a la perforación, el cual penetra en las fisuras del terreno para crear una pequeña “costra” que impida la caída de las paredes perforadas. Así estos lodos se recuperan

en un tanque en el cual se filtra y se vuelve a reutilizar en la siguiente perforación. Después de este proceso se coloca la armadura y se vierte el concreto. (Ingeniería Civil, s.f.)

- Pantalla de pilotes secantes “in situ”

Este es el método más utilizado ya que permite hacer una excavación del terreno a gran profundidad, sin preocupación de que se puedan deteriorar cimentaciones de vivienda contiguas como también del acerado de la calle. (Ingeniería Civil, s.f.)

2.2.4 PARTES DE UN PILOTE:

Se consideran las partes de un pilote que son 3:

- ❖ Cabeza:

O parte superior del pilote, es la que recibe las cargas directas de la estructura, en pilotes hincados es la que recibe los golpes del martillo.

- ❖ Fuste:

Cuerpo vertical longitudinal del pilote. Las cargas son transmitidas al terreno a través de las paredes del fuste por efecto de rozamiento con el terreno colindante. (Bencosme, 2011)

- ❖ Punta:

Extremo inferior del pilote. Transmite las cargas por apoyo en el terreno por estrato resistente. (Bencosme, 2011)

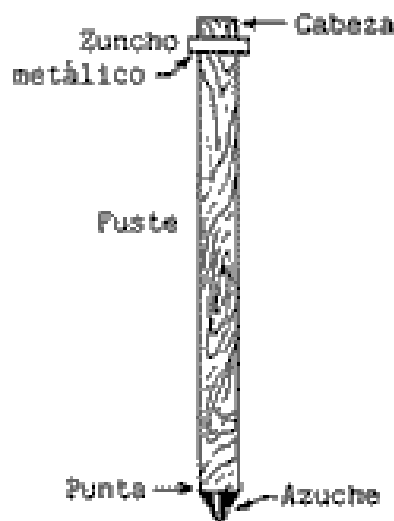


Figura 2.10 Partes de un Pilote

Fuente: elconstructorcivil.com

III. MARCO METODOLÓGICO

Este proyecto se ha desarrollado utilizando dos tipos de métodos de construcción de pilotes, el primero es el Método de pilotes entubado con recurso de tubería recuperable, el cual se ha llevado a cabo con vaciado in situ de pilotes y el Método de hincado de pilotes, el cual se ha realizado con pilotes prefabricados de concreto.

Para tener resultados confiables se ha escogido la construcción de la cimentación del puente vehicular Arica ubicado en el Km. 35+654 de la Panamericana Sur, distrito de Lurín, el cual se basa en cimentación con pilotes de 17,50 metros de longitud.

El proyecto “Construcción Puente vehicular Arica” está compuesto por una losa de concreto armado de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, apoyada sobre 24 pilotes de concreto armado de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y de diámetro 1500 milímetros, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

- Eje de apoyo Estribo Oeste: la profundidad de los pilotes es de 17500 milímetros, de un total de 8 pilotes en esa hilera.
- Eje de apoyo Pilar Central: la profundidad de los pilotes es de 17500 milímetros, de un total de 8 pilotes en esa hilera.
- Eje de apoyo Estribo Este: la profundidad de los pilotes es de 17500 milímetros, de un total de 8 pilotes en esa hilera.

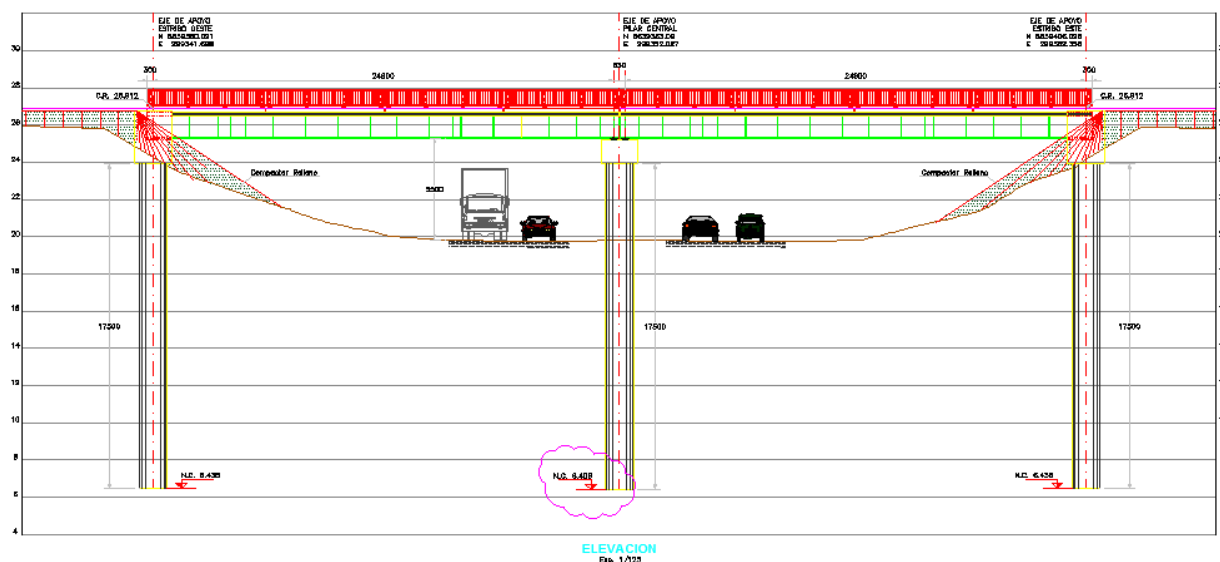


Figura 3.01 Puente Vehicula de Estudio

Fuente: Puente Vehicular Arica

A continuación, se procederá a detallar los dos procedimientos de construcción ya mencionados, con los que se llevará a cabo el proyecto.

3.1 MÉTODO DE PILOTES ENTUBADOS CON RECURSO DE TUBERÍA RECUPERABLE

Este método, consiste en introducir un tubo metálico (llamado también camisa), que sujete las paredes inestables de la perforación. La longitud de la camisa debe cubrir la capa inestable y empotrar en la capa estable, y continuar con la perforación en la capa estable hasta alcanzar la profundidad de cálculo. (Perez , 2010, p. 30)

Es un método que se puede realizar en suelos pocos cohesivos, en suelos con nivel freático y percolación elevada, en terrenos con elevadas resistencias y se puede lograr llegar a profundidades de hasta 50 metros (siendo una longitud considerable).

De acuerdo a la experiencia es el método que mejor garantiza la integridad del pilote y es el mejor método que garantiza la verticalidad del pilote.

El proceso de ejecución comprenderá las siguientes fases:

❖ Implantación de pilotes

Se empieza con un replanteo topográfico en el punto a perforar. Esta operación se realiza después de que la plataforma de trabajo se encuentre nivelada y compactada y en condiciones adecuadas de seguridad para posicionamiento del equipo de perforación

❖ Posicionamiento de equipo

Después de colocada la herramienta de perforación (hélice, balde o carotier), en la extremidad inferior de la barra telescópica (barra kelly), se hace coincidir el eje de la herramienta con el eje del pilote.

Se realiza el posicionamiento del tubo molde recuperable de diámetro \varnothing 1500 milímetros especificado en el proyecto.

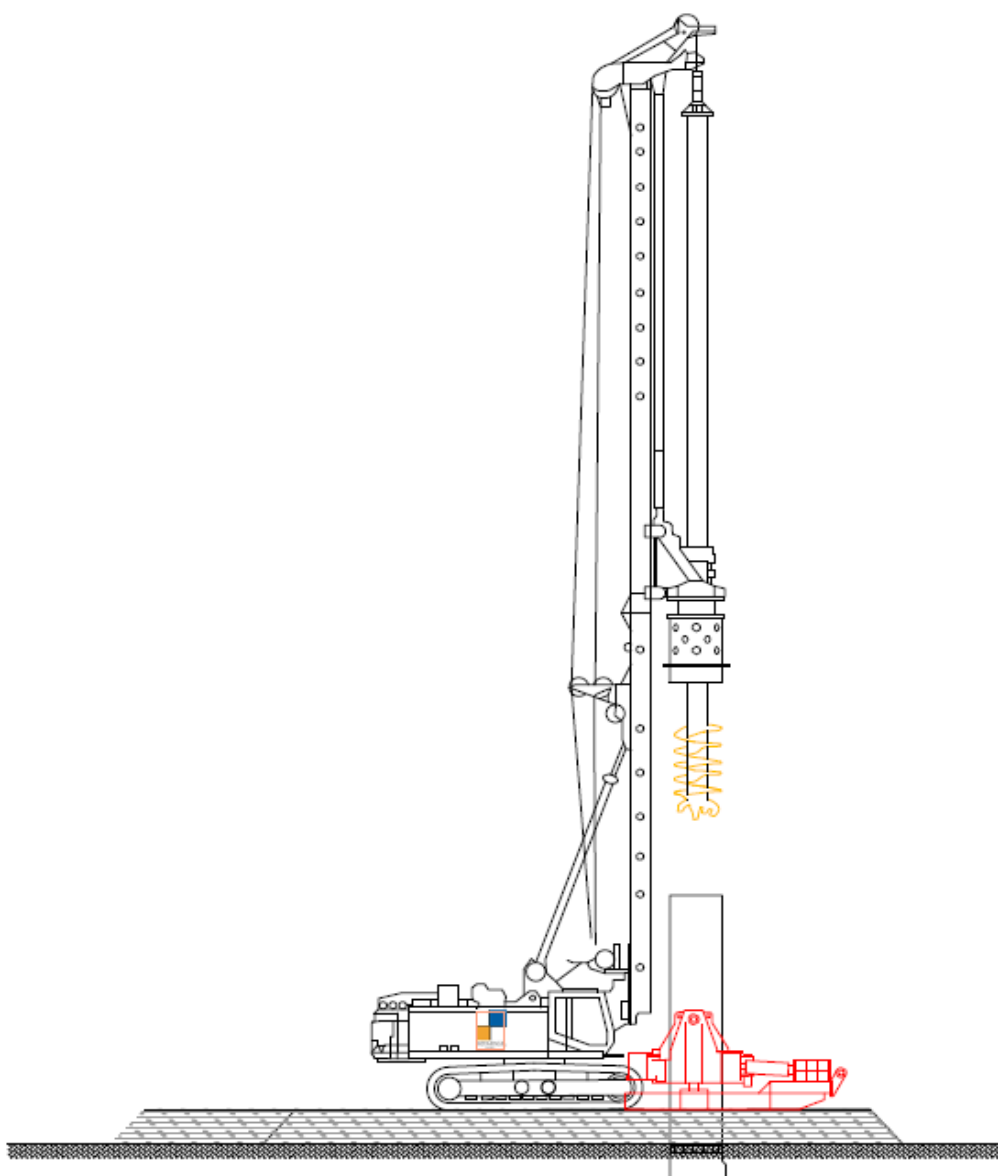


Figura 3.02 Equipo de perforación SOILMEC R620

Fuente: Puente Vehicular Arica

Ahora se procede a colocar y asegurar el tubo molde recuperable en el terreno.

La estabilidad de las paredes de la perforación será asegurada por la utilización de los tubos moldes recuperables (Ver Fig. 3.04). En este caso, simultáneamente a la perforación es hecha la introducción del tubo molde recuperable mediante movimientos oscilatorios realizados por la campana de la máquina perforadora y, de ser necesario de acuerdo a las características de la perforación, por medio de la mesa oscilatoria (morsa) (Ver fig.3.03). Dependiendo de la profundidad del entubamiento, se irán colocando tubos moldes adicionales. Los tubos moldes recuperables son introducidos por tramos, la ligación entre ellos es garantizada a través de juntas TCV macho/hembra. (Mota Engil, 2013, p 14)

Es importante que la plataforma de trabajo esté lo más limpia posible, los más horizontal posible.

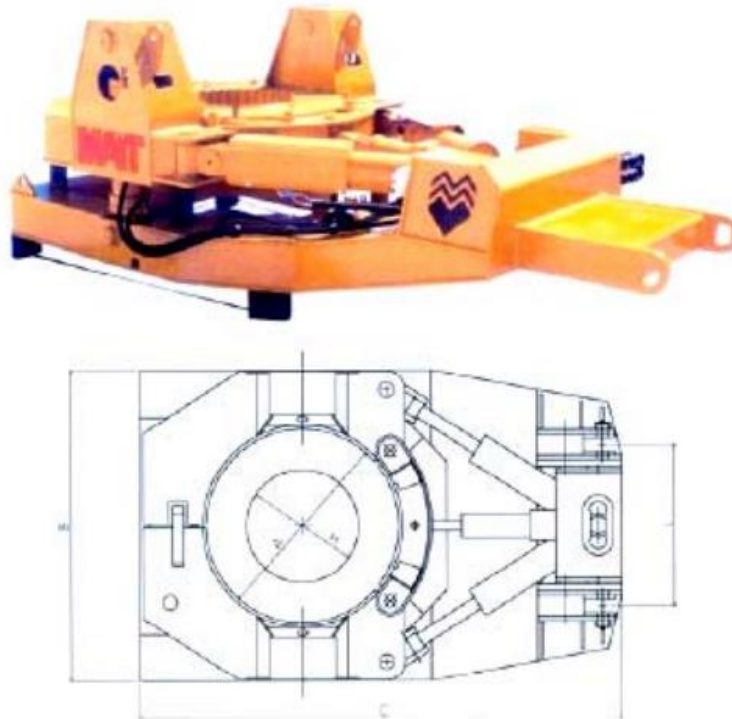


Figura 3.03 Mesa oscilatoria (morsa)

Fuente: Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla

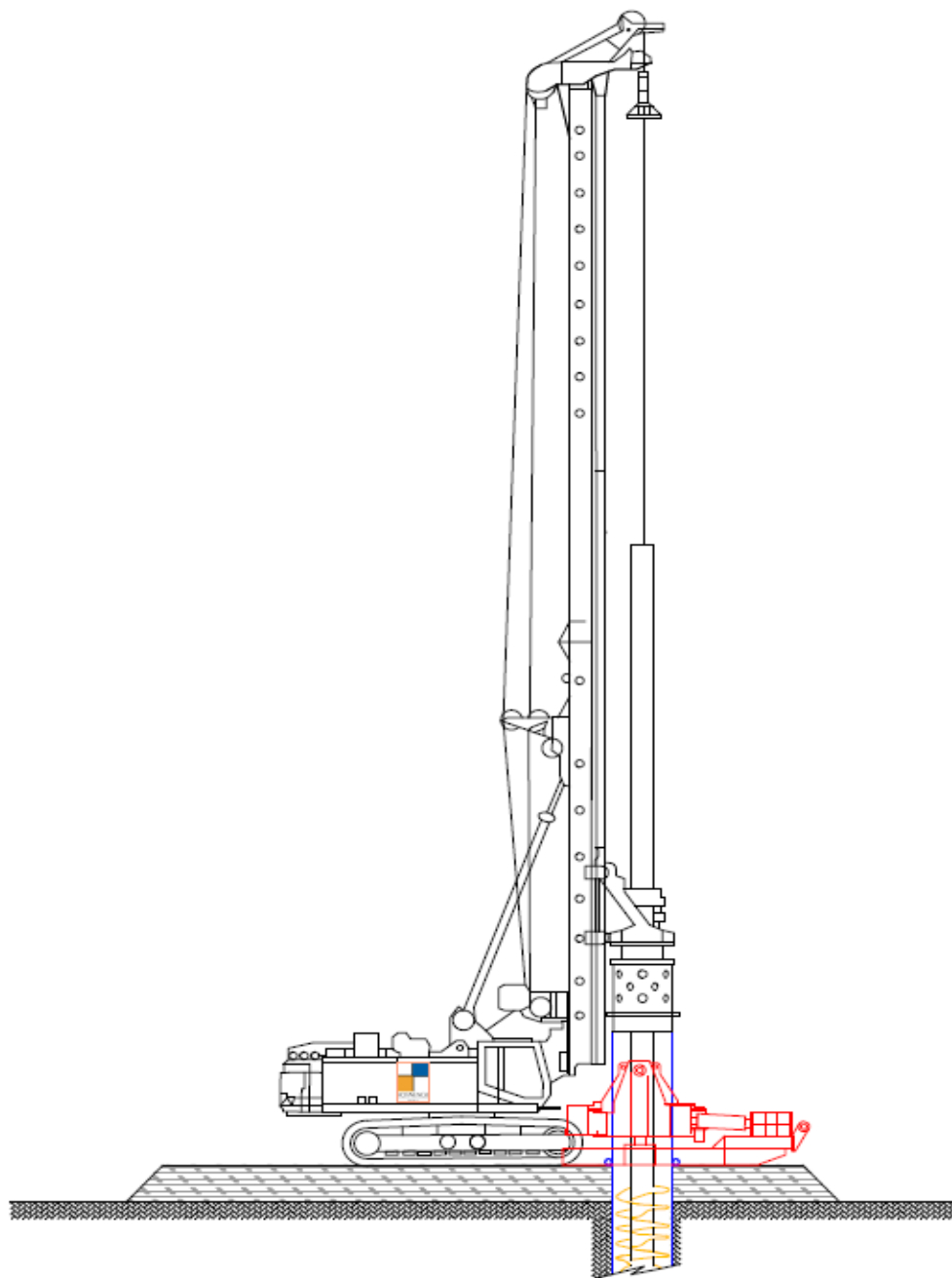


Figura 3.04 Tubo molde recuperable

Fuente: Puente Vehicular Arica

❖ Perforación

Esta operación consiste en la excavación de corte apropiada con movimientos ascendentes y descendentes de la barra Kelly (Ver Fig. 3.05). En caso de necesidad, se empleará herramienta especial de corte (balde, cazo, carotier/hélice roca) (Ver Fig. 3.06, 3.07 y 3.08).

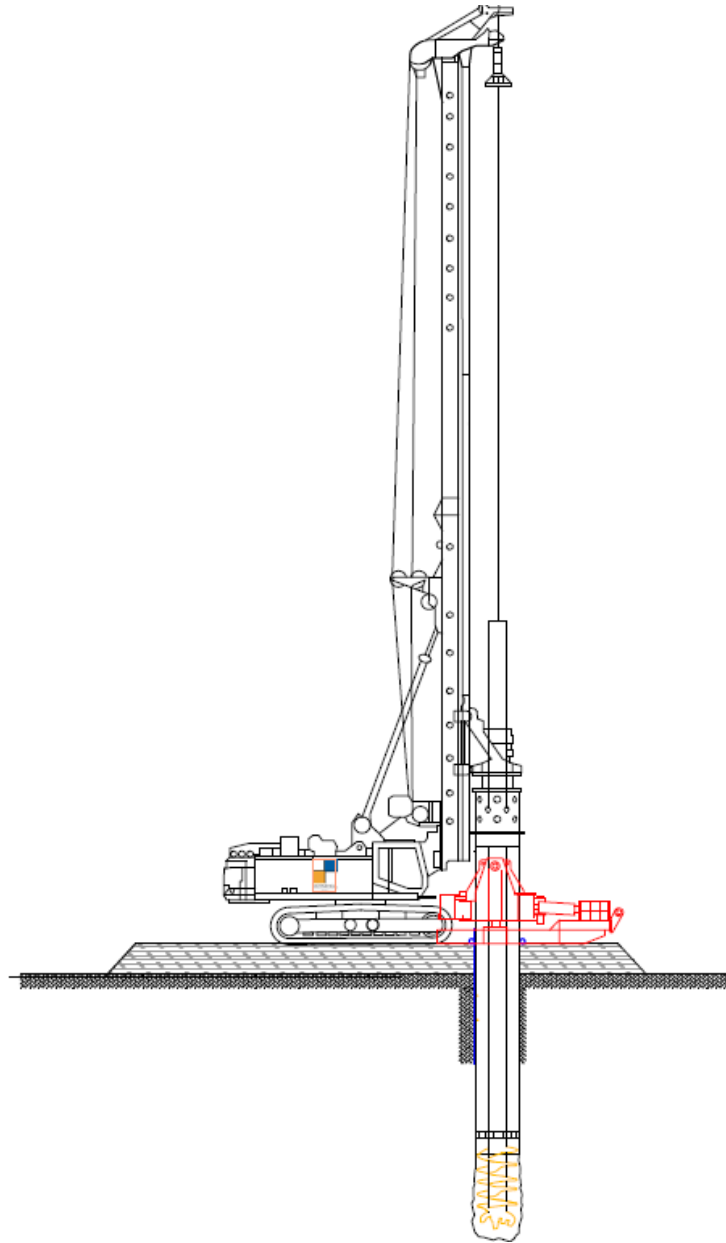


Figura 3.05 Excavación utilizando barra Kelly

Fuente: Puente Vehicular Arica



Fig. 3.06 Balde

Fuente: www.indu-car.com.ar



Figura 3.07 Cazo o bucket

Fuente: Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla

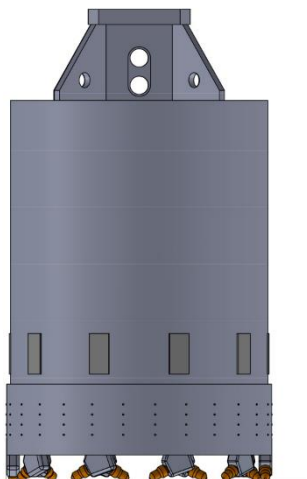


Figura 3.08 Carotier

Fuente: Ciancaleoni

A medida que se realiza la perforación (Ver Fig. 3.09), la perforadora acopiará a un lado de la misma el terreno que va siendo extraído, debiendo este material ser retirado cuando la cantidad acopiada sea considerable. Esta limpieza de la plataforma se realizará con ayuda de una retroexcavadora en paralelo a los trabajos de perforación y será eliminado con apoyo de un volquete. (Mota Engil, 2013, p 14)

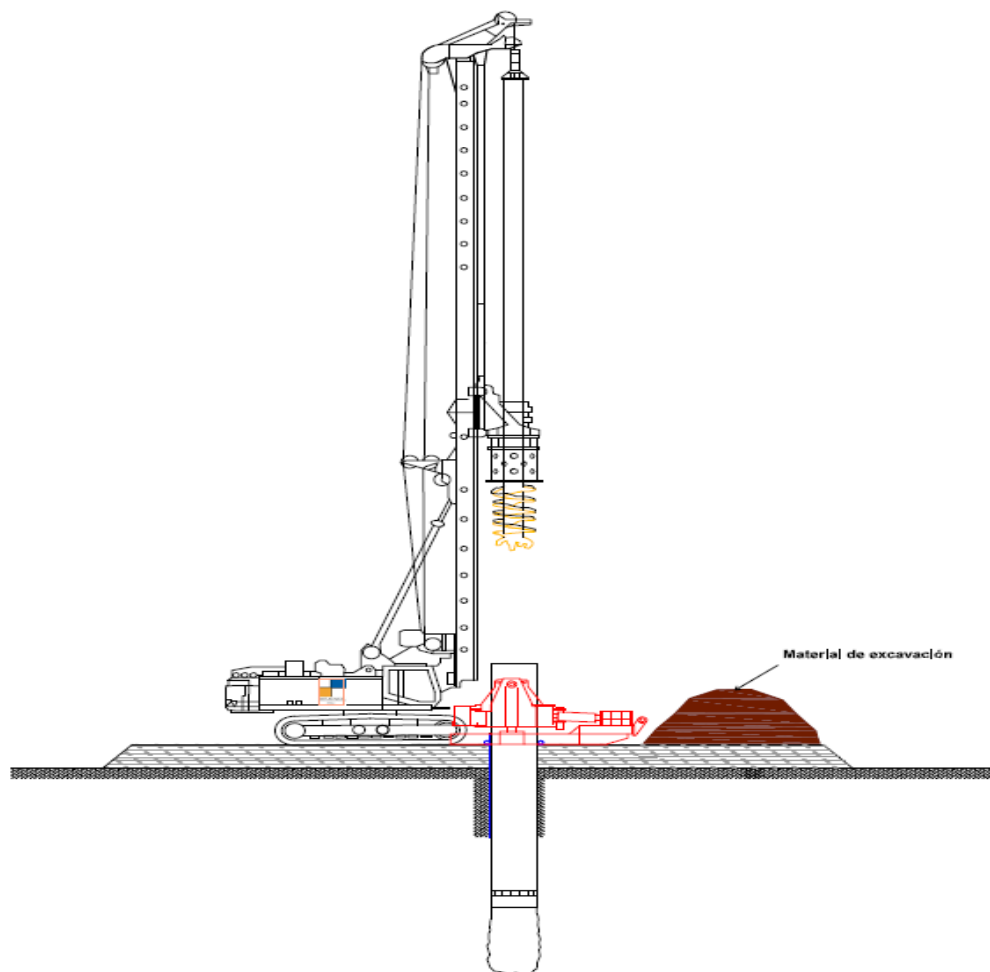


Figura 3.09 Acopio de material extraído

Fuente: Puente Vehicular Arica

❖ Colocación de armadura

Concluida ya la excavación, se procede a colocar la armadura apoyados de la pilotera, en caso la armadura sobre pase la capacidad de la pilotera o que la operación de perforación se esté realizando con recurso a mesa osciladora, este trabajo se realizará con el apoyo de una grúa. (Ver Fig. 3.10)

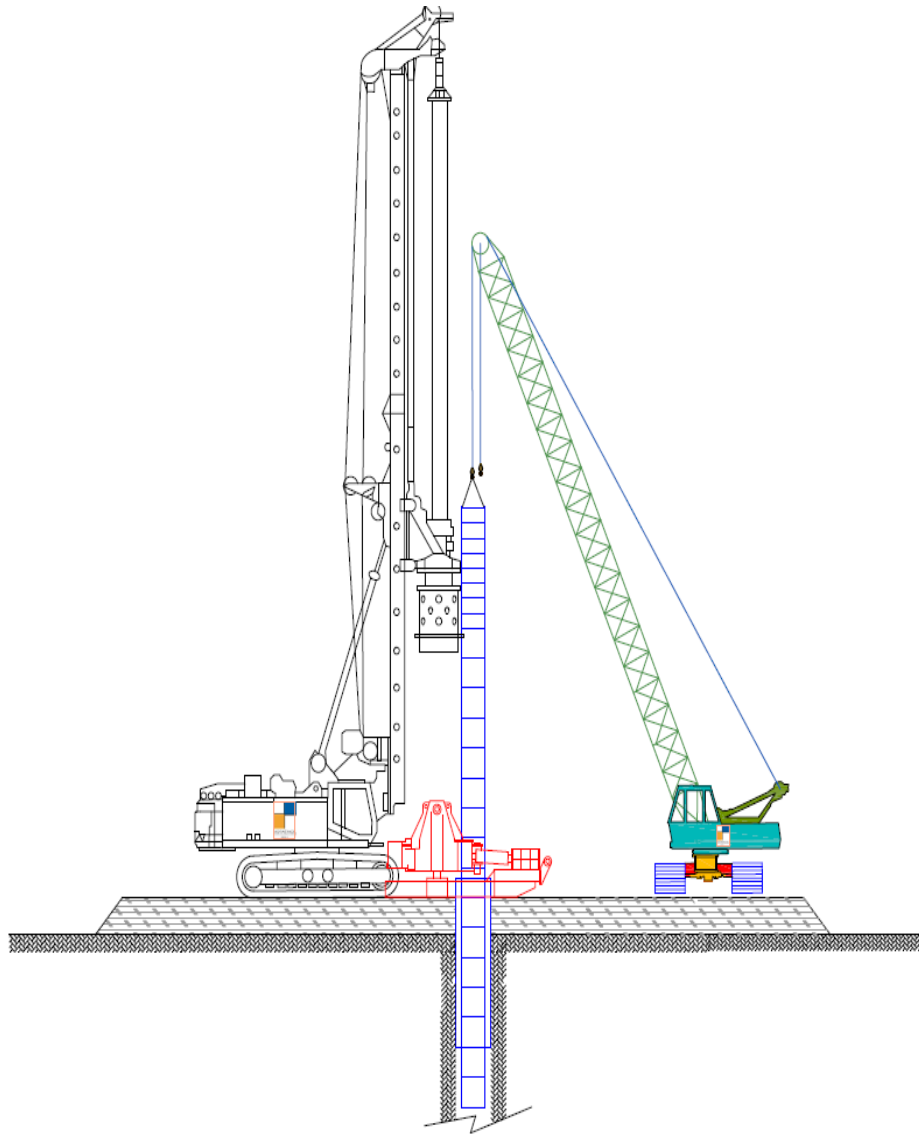


Figura 3.10 Colocación de Armadura con grúa

Fuente: Puente Vehicular Arica

❖ Instalación de tubo de vaciado de concreto

Con el winche de la perforadora se colocará la columna de vaciado de concreto “tuberías tremie”.

La tubería tremie será bajada por el interior de la perforación por tramos, guiado en el eje del pilote por el personal ayudante de la perforación. (Ver Fig. 3.11)

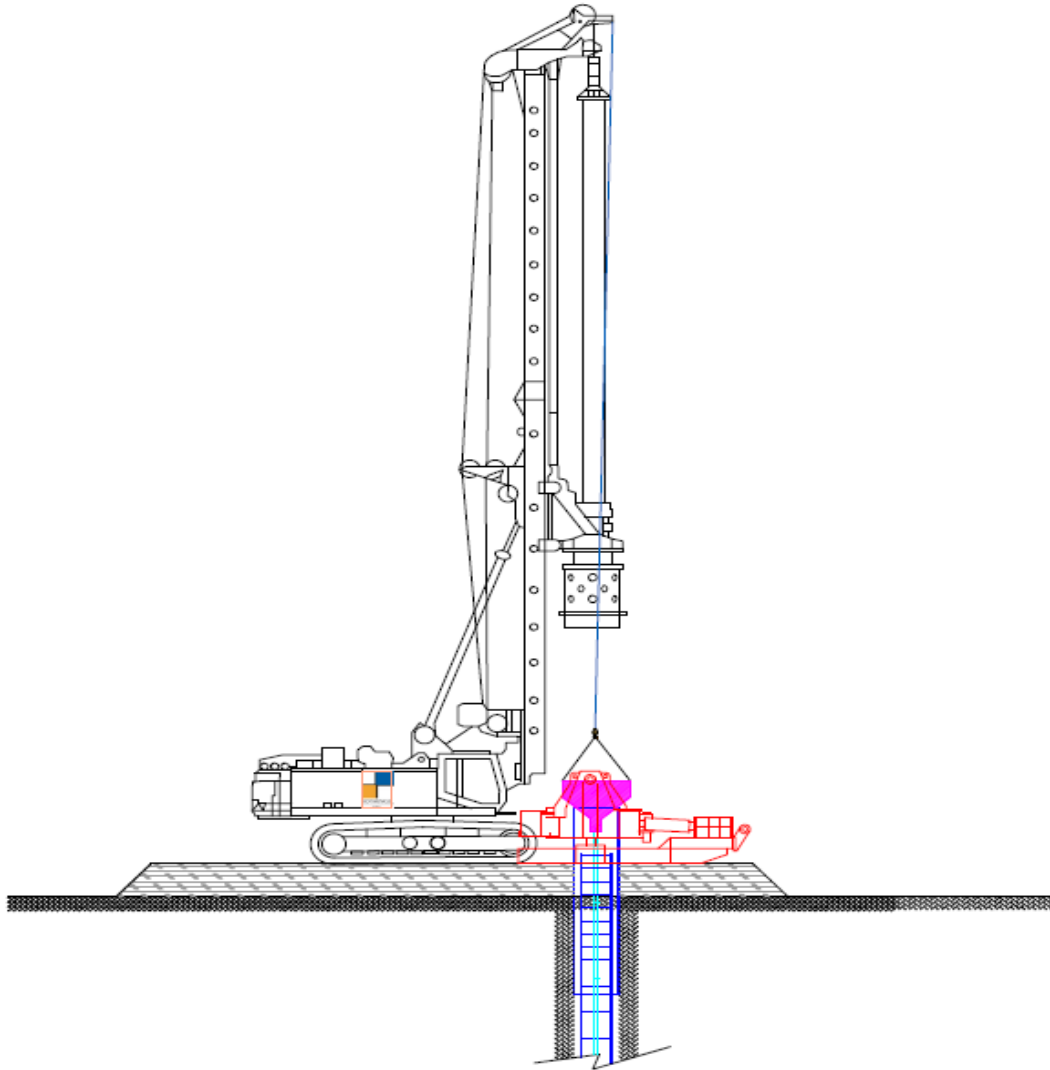


Figura 3.11 Colocación tubería tremie en interior de perforación

Fuente: Puente Vehicular Arica

❖ Vaciado de concreto

Se procede a vaciar concreto por la tubería tremie, no sin antes haber realizado las pruebas necesarias para verificar el slump y la trabajabilidad del concreto.

Debe de haber 2 camiones mixer en el punto de perforación, para garantizar que la armadura no mueva de su cota y garantizar que la tubería tremie esté embebida por lo menos 2 metros en el concreto vaciado. La frecuencia de los mixeres es cada 30 minutos para así lograr verter el concreto de manera continuo.

A medida que se va vaciando el concreto, se va retirando tramos de la tubería recuperable. (Ver Fig. 3.12)

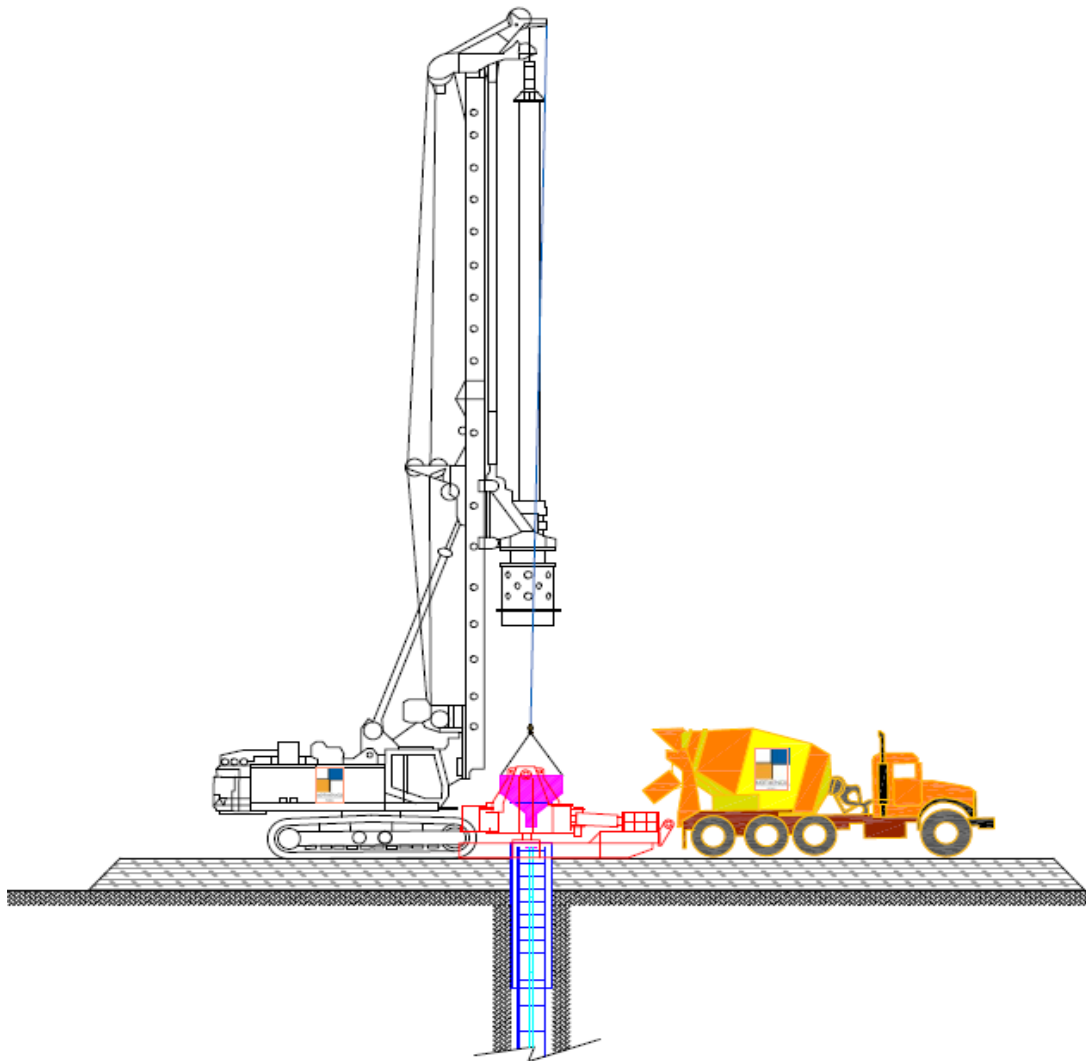


Figura 3.12 Vaciado de concreto en Pilote

Fuente: Puente Vehicular Arica

❖ Descabezado de pilotes

Esta actividad consiste en retirar el concreto de la parte superior de los pilotes a fin de descubrir el acero de refuerzo, este mismo acero de refuerzo se deberá unir con el acero de la viga cabezal. (Mota Engil, 2013, p 16)

El descabezado de pilotes (Ver Fig. 3.13) permite montar el armado de la cimentación que va encima de ellos; así la armadura que contiene el pilote, puede introducirse en la “jaula” de la cimentación. Esta es la forma adecuada de una unión entre pilotes y cimentación. (Construmatica, s.f.)



Figura 3.13 Descabezado de Pilotes

Fuente: Puente Vehicular Arica

3.2 MÉTODO DE HINCADO DE PILOTES

Para el método de hincado de pilotes de concreto prefabricado se desarrollará en gabinete, utilizando los datos del puente Arica para así lograr realizar la comparación debida.

Los pilotes prefabricados de hormigón armado suelen ser de sección cuadrada. Aunque también los hay de sección rectangular, circular o poligonal. (Yepes, 2019)

Para el proceso de ejecución del hincado de pilotes, se utilizará una perforadora SOILMEC SR-145. (Ver Fig. 3.14)



Figura 3.14 Perforadora SOILMEC SR-145

Fuente: Puente Vehicular Virú

La ejecución del hincado comprenderá las siguientes fases:

❖ Replanteo de Pilotes

Antes de la ejecución de la hinca, se balizará y señalizará el total del área del trabajo (...), se verificará que en el terreno estén colocados los puntos donde se va a proceder con el hincado, dicho trazo se hace a través de la topografía, señalando claramente cada punto con su respectiva identificación. (Ver Fig. 3.15 y 3.16)



Figura 3.15 Replanteo de Pilotes

Fuente: Ingeniería en topografía y geomática



Figura 3.16 Replanteo de Pilotes

Fuente: Ingeniería en topografía y geomática

❖ Ejecución del hincado del pilote

Instalación del Pilote: se debe colocar marcas a una separación máxima de 1 m., a todo el largo del pilote, con el fin de determinar con facilidad el número de golpes necesarios para cada metro de hincado. Para la aproximación del pilote al equipo se utilizará el gancho del cabestrante del mismo equipo.

Proseguimos a acoplar la cabeza del pilote al golpeador del martillo.

Colocamos en posición vertical tanto el pilote como la guía del martillo, corrigiendo la posición del equipo y de la pluma hasta lograrlo.

La verticalidad del pilote se controla en el equipo, y/o recurriendo a plomadas o niveles.

La hincada de los pilotes de concreto debe efectuarse de tal manera que se garantice la integridad estructural del pilote y se alcance la integración deseada con el suelo, en forma tal que el pilote pueda adecuadamente cumplir con su cometido.

Hincado de Pilotes: los pilotes prefabricados precisarán de una placa de absorción de impacto, que transmitirá la fuerza del martillo dañado lo menos posible el pilote, este material de impacto puede ser madera dura o cualquier material análogo.

El martillo golpeará al pilote de manera que introduzca poco a poco en el terreno, con una frecuencia y fuerza previamente establecidas, siendo monitoreada por el operador a través del

sistema instalado en la cabina del equipo. La hinca o introducción en el terreno se realiza hasta obtener rechazo o bien hasta la profundidad establecida en el proyecto. (Ver Fig. 3.17 y 3.18)



Figura 3.17 Hinca de Pilotes

Fuente: Puente Vehicular Virú

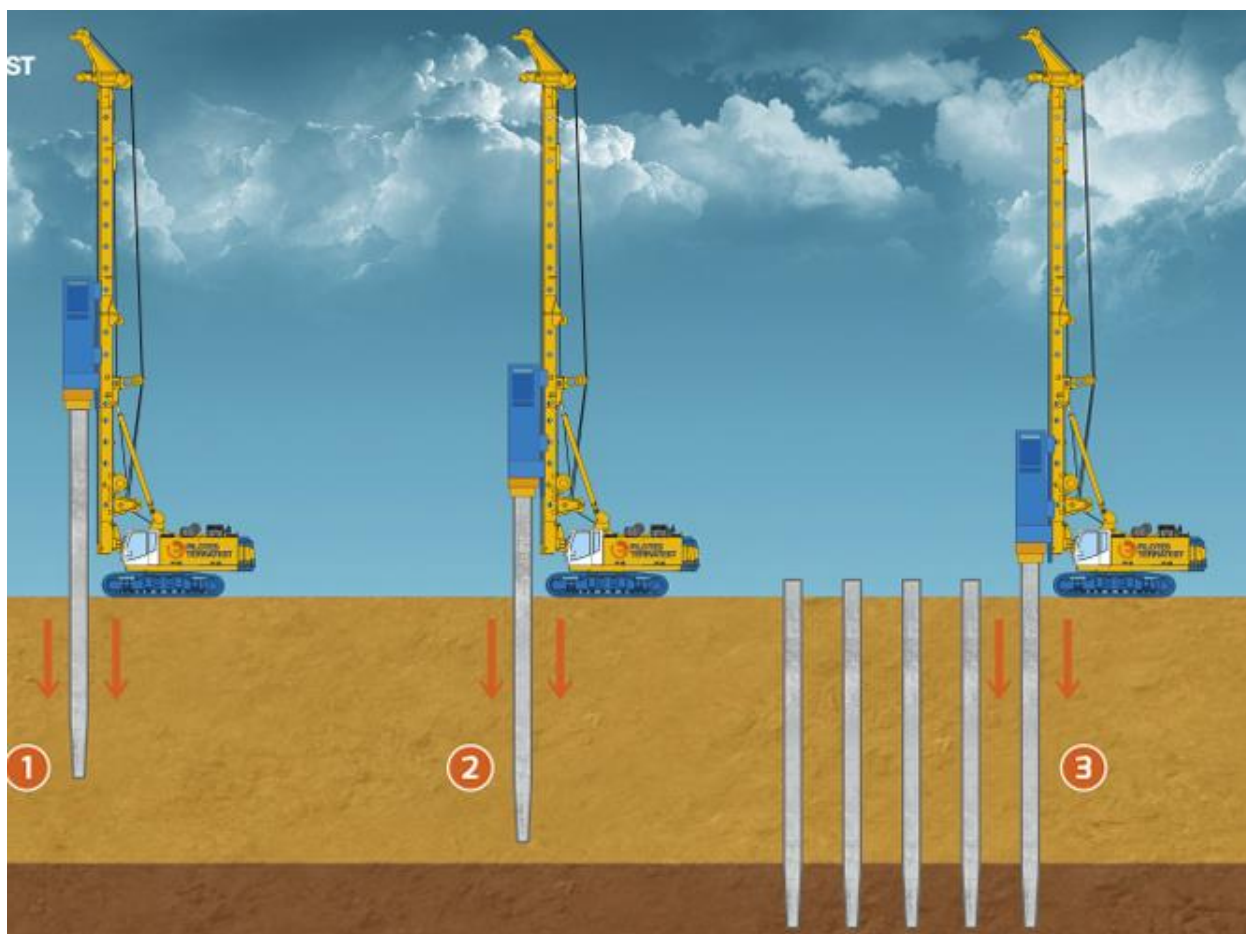


Figura 3.18 Proceso de Hincado de Pilotes

Fuente: Pilotes Terratest

Corte del sobre – pilote: Después de haber terminado el hincado, los pilotes deberán ser recortados al nivel especificado en los planos y, en todo caso, en la longitud suficiente para sanear todo el concreto que pueda haber quedado resentido por el golpe del martillo. El recorte se hará con cuidado, para no afectar el concreto restante. Las fracciones de pilotes recortadas se deberán conservar y, cuando sea necesario, se podrán usar para alargar pilotes, haciendo el respectivo empalme.

Descabezado de Pilote: Para facilitar las labores posteriores a la hincada de los pilotes prefabricados, se dispone de descabezadores hidráulicos de pilotes, que, de forma sencilla y rápida, agilizan los trabajos de demolición de la longitud de pilote necesaria para la conexión de los mismos con las vigas, completando así la solución de cimentación. (Ver Fig. 3.19)



Figura 3.19 Proceso de Descabezado de Pilotes

Fuente: CYPE Ingenieros SA

3.3. MATERIALES

Se ha realizado la comparación entre los dos métodos de pilotes: entubados con recurso de tubería recuperable e hincados, basados en el proyecto “Puente Vehicular Arica” Panamericana Sur km. 35+654, el cual consta de 24 pilotes de 1500 mm. de diámetro, con una longitud de 17500 mm., y una resistencia a la compresión del concreto de 350 kg/cm².

La metodología se basa en la comparación de los métodos de pilotaje, el primero, entubado con recurso de tubería recuperable en el cual se utilizan camisas recuperables de metal, las cuales son utilizadas para estabilizar el terreno a medida que se va perforando, se obtiene gracias a la información verídica que nos proporciona la ejecución del proyecto “Puente Vehicular Arica”, ya que fue este el método con el que se llevó a cabo. Para el segundo método “Pilotes Hincados”, se ha desarrollado una investigación en gabinete en el cual se recopiló la información necesaria para lograr conocer el procedimiento de ejecución y los equipos que se van a utilizar en dicho método.

Con la información recabada de los dos métodos, se han elaborado histogramas de entubado e hincado de pilotes para determinar los rendimientos de la ejecución y poder elaborar los análisis de precios unitarios (*Apu*) y finalmente un presupuesto para comparar cuál de los dos métodos es el más indicado tanto por su economía y su producción.

3.4 ASPECTOS ETICOS

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado utilizando información de campo de las obras: Puente Vehicular Arica y Puente Virú, por esta razón es que se solicitó el permiso debido a la autoridad competente y así lograr desarrollar la investigación. Así mismo los datos obtenidos no serán manipulados o adulterados, de forma que no sea considerado como plagio de otro proyecto, y así poder ser utilizados para investigaciones posteriores.

Se tiene en consideración las fuentes bibliográficas de la información mostrada, a fin de demostrar la inexistencia del plagio intelectual.

La información mostrada será verdadera, cuidando la confidencialidad de las personas o instituciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se ha realizado la elaboración de histogramas para así determinar el rendimiento de cada método: pilotes entubados con recurso de tubería recuperable versus pilotes hincados. Estos rendimientos se utilizarán para la elaboración del análisis de precios unitarios y presupuestos.

4.1 HISTOGRAMAS DEL MÉTODO DE PILOTES ENTUBADOS CON TUBERÍA RECUPERABLE

Se ha determinado el rendimiento de los pilotes entubados con tubería recuperable mediante la producción diaria en campo, se tendrá en cuenta los tiempos que se demora en perforar el terreno, insertar el acero dentro del pilote y el vaciado y serán plasmados en los siguientes gráficos:

Mes 1: Durante este mes se realizó la perforación, entubado, habilitación de acero y vaciado de concreto de 5 pilotes. (Ver Fig. 4.01)

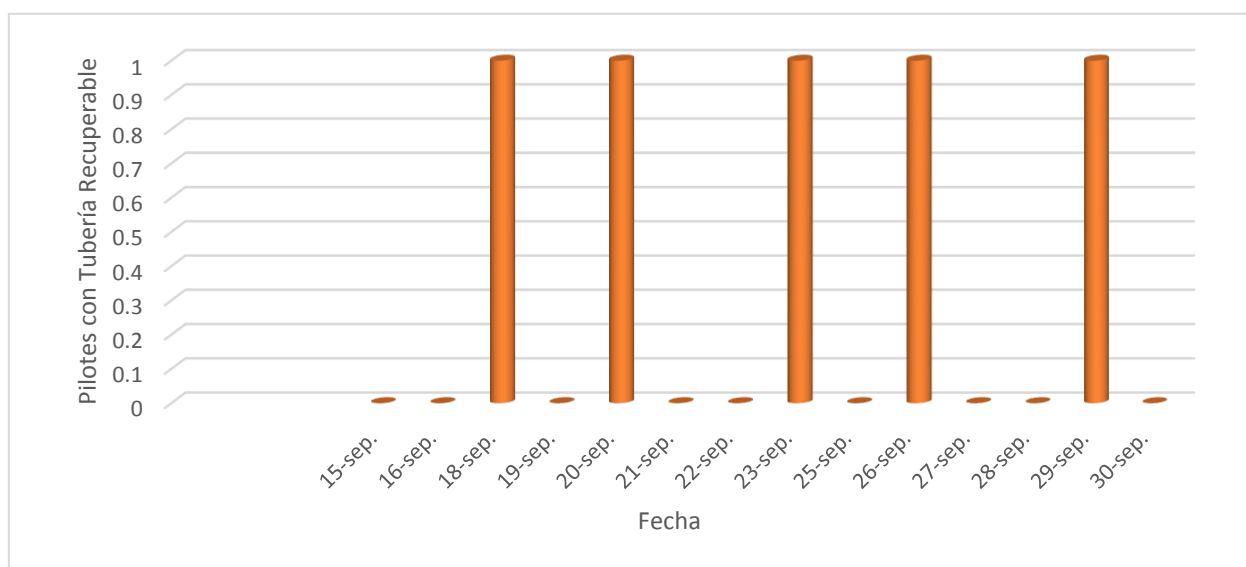


Figura 4.01 Histograma Mes 1

Fuente: Elaboración del autor

Mes 2: Durante este mes se realizó la perforación, entubado, habilitación de acero y vaciado de concreto de 7 pilotes. (Ver Fig. 4.02)

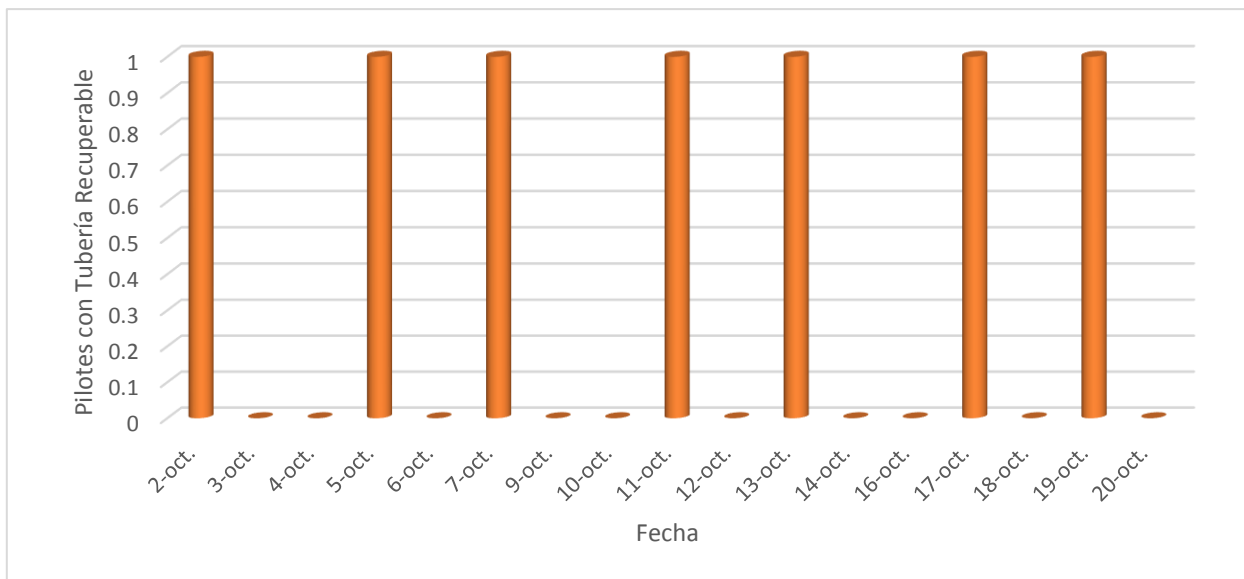


Figura 4.02 Histograma Mes 2

Fuente: Elaboración del autor

Mes 3: Durante este mes se realizó la perforación, entubado, habilitación de acero y vaciado de concreto de 2 pilotes. (Ver Fig. 4.03)

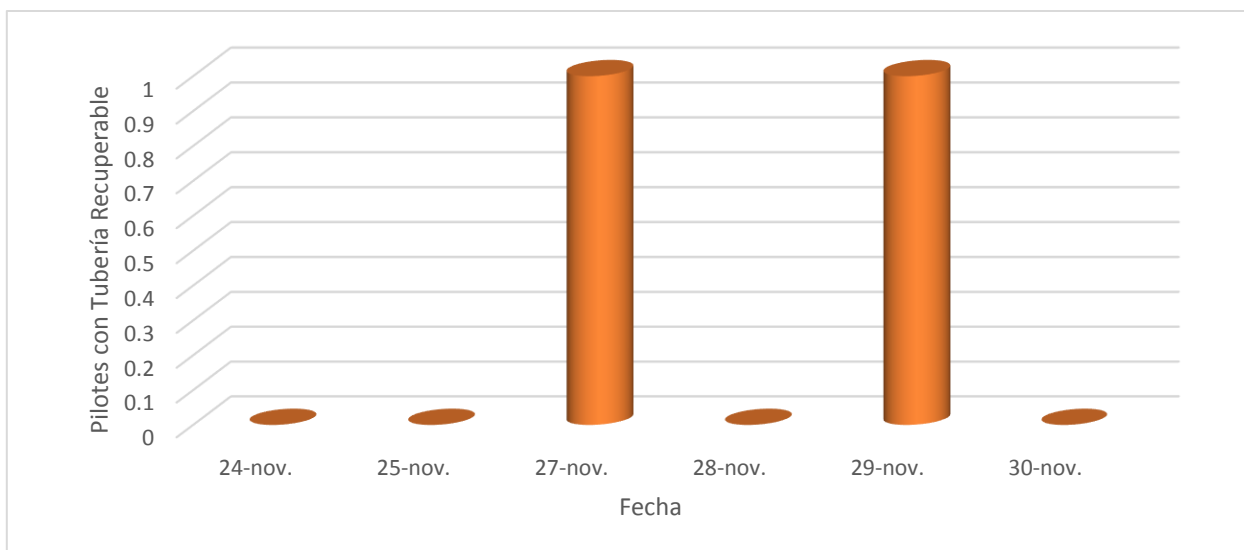


Figura 4.03 Histograma Mes 3

Fuente: Elaboración del autor

Mes 4: Durante este mes se realizó la perforación, entubado, habilitación de acero y vaciado de concreto de 10 pilotes. (Ver Fig. 4.04)

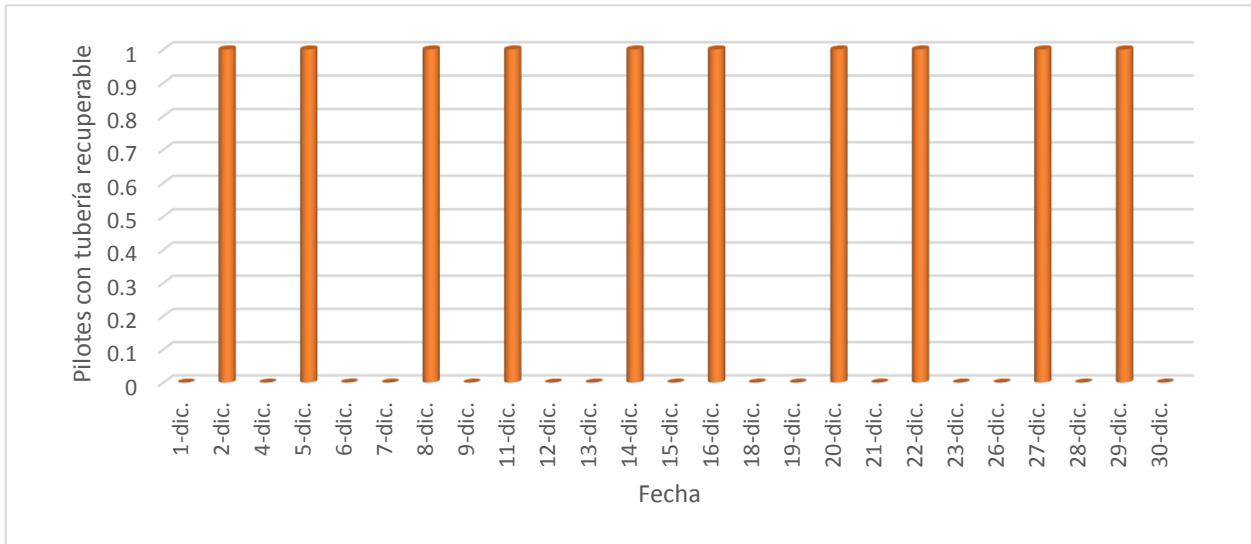


Figura 4.04 Histograma Mes 4

Fuente: Elaboración del autor

Utilizando el Método de Pilotes Entubados con Tubería Recuperable, se realizó la ejecución de 24 pilotes de concreto armado en un total de 60 días, lo cual nos arroja un rendimiento de 0.4 pilotes por día, para el cálculo del análisis de precios unitarios (apus), se tomará un rendimiento diario de 0.4 pues aproximadamente se realiza un pilote en 2.5 días, pues se trabaja con una sola perforadora, la cual no puede realizar otra perforación hasta haber concluido el vaciado de concreto del pilote iniciado.

4.2 HISTOGRAMAS DEL MÉTODO DE PILOTES HINCADOS

Este método se llevó a cabo en gabinete, utilizando datos de la obra Puente Virú, la cual se trabajó con pilotes hincados, se utilizará como base los datos de producción y serán plasmados en los siguientes gráficos. (Ver Fig. 4.05)



Figura 4.05 Puente Virú

Fuente: Obra Puente Virú

Mes 1: Durante el primer mes se llegó a hincar 12 pilotes. (Ver Fig. 4.06)

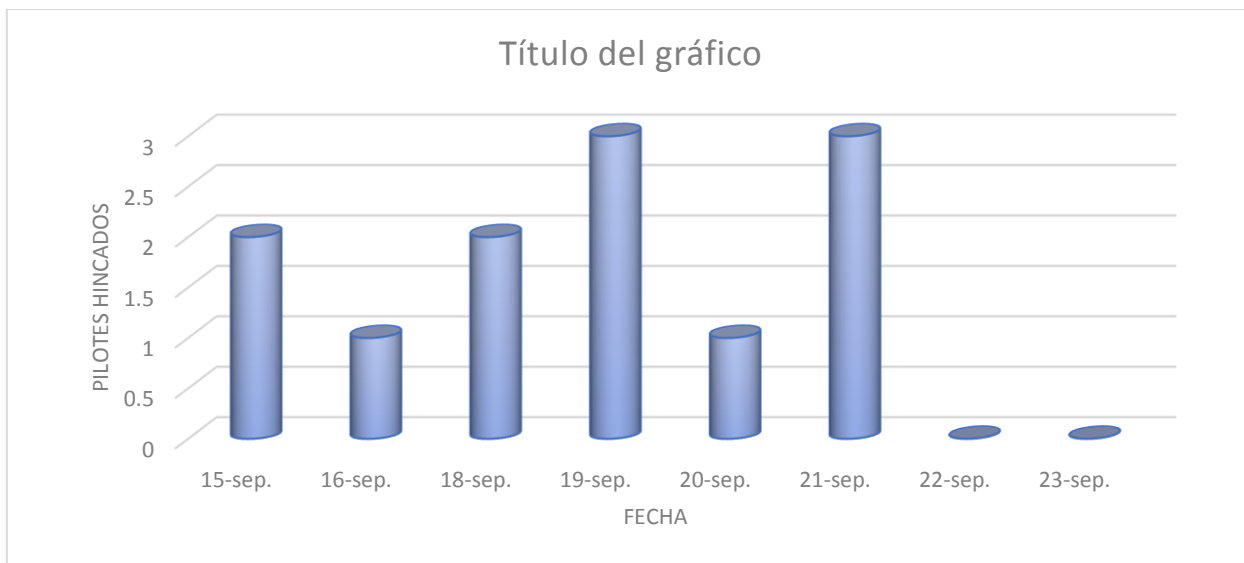


Figura 4.06 Histograma Mes 1

Fuente: Elaboración del autor

Mes 2: Durante el segundo mes se llegó a hincar 12 pilotes. (Ver Fig. 4.07)

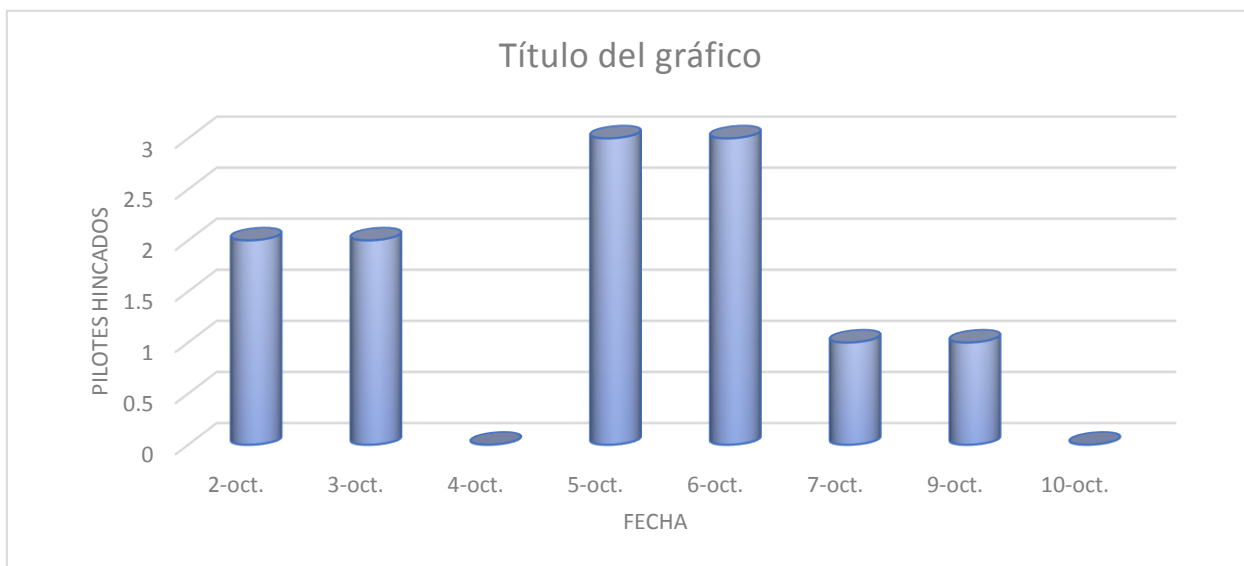


Figura 4.7 Histograma Mes 2

Fuente: Elaboración del autor

Utilizando el Método de Hincado de Pilotes, se realizó la ejecución de 24 pilotes de concreto armado en un total de 12 días, lo cual nos arroja un rendimiento de 2 pilotes por día, para el cálculo del análisis de precios unitarios (apus), se tomará un rendimiento diario de 2 pues, hay picos en los que se llegan a ejecutar 3 pilotes en un solo día como también se llega a ejecutar 1 o ninguno, es por eso que se trabajará con el rendimiento promedio que es 2 por día.

4.3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL MÉTODO DE PILOTES ENTUBADOS CON RECURSO DE TUBERÍA RECUPERABLE

Se considerarán las partidas de suministro y perforado de pilotes, para su correcto análisis de precios unitarios se considerará un jornal de 8 horas.

- Suministro de Pilotes diámetro 1500mm

Se está considerando en este análisis concreto a nivel de vaciado y habilitación y colocación de acero.

Análisis de precios unitarios para Suministro de Pilotes (Ver Fig. 4.08)

Partida	1 Suministro de Pilotes Diámetro 1500mm					
			Costo Directo por: und			40,125.59
Rendimiento(und/día)	MO	1	EQP	1		
codigo	Descripción del Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
2.01	Pilote de acero D=1500mm			1	40125.59	40125.59
						40125.59

Figura 4.08 Suministro de Pilotes (Apu)

Fuente: Elaboración del autor

- Perforación y entubado diámetro 1500mm

En este análisis se considera la perforación, entubado con tubería recuperable y accesorios que utiliza la máquina perforadora

Análisis de precios unitarios para la perforación de pilote (Ver Fig. 4.09)

Partida	2 Perforado de Pilotes de 1500mm					
			Costo Directo por: und			24,791.16
Rendimiento(und/día)	MO	0.4	EQP	0.4		
codigo	Descripción del Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1.01	Operador de Grúa	hh	1	20.000	54.6	1092.000
1.02	Topógrafo	hh	1	20.000	30	600
1.03	Rigger	hh	3	60	25.7	1542
						3234.000
	Materiales					
2.01	Eslinga de Alta Tenacidad	und		0.33	3122	1030.26
						1030.26
	Equipos y Herramientas					
3.01	Soilmec R620	hm	1	20.000	782.0	15640.00
	Morsa oscilatoria	hm	1	20.000	87.6	1752.90
	Carotier	hm	1	20.000	58.1	1162.00
	Tubo tv c Diam 1500 c/accesorios	hm	1	20.000	78.6	1572.00
3.02	Estación Total	hm	1	20.000	20	400.00
						20526.900

Figura 4.09 Perforado de Pilotes (Apu)

Fuente: Elaboración del autor

4.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL MÉTODO HINCADO DE PILOTES

Se considerarán las partidas de suministro e hincado de pilotes, para su correcto análisis de precios unitarios se considerará un jornal de 8 horas.

- Suministro de Pilotes diámetro 1500mm

Se está considerando en este análisis concreto a nivel de vaciado y habilitación y colocación de acero.

Análisis de precios unitarios para Suministro de Pilotes (Ver Fig. 4.10)

Partida	1	Suministro de Pilotes Diámetro 1500mm				
		Costo Directo por: und				40,125.59
Rendimiento(und/día) MO	1	EQP	1			
codigo	Descripción del Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
2.01	Pilote de concreto armado D=1500mm			1	40125.59	40125.59
						40125.59

Figura 4.10 Suministro de Pilotes (Apu)

Fuente: Elaboración del autor

- Hincado de Pilote diámetro 1500mm

En este análisis se considera la perforación, entubado con tubería recuperable y accesorios que utiliza la máquina perforadora

Análisis de precios unitarios para la perforación de pilote (Ver Fig. 4.11)

Partida	2 Hincado de Pilotes					
			Costo Directo por: und			4,341.66
Rendimiento(und/día)	MO	2	EQP	2		
codigo	Descripción del Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
1.01	Supervisor de Perforadora	hh	1	4	50	200
1.02	Supervisor de Hincado	hh	1	4	42	168
1.03	Operador de Perforadora	hh	1	4	43.25	173
1.04	Rigger	hh	3	12	18.3	219.6
1.05	Topógrafo	hh	1	4	28.9	115.6
						876.2
	Materiales					
2.01	Eslíng de Alta Tenacidad	und		0.33	2162	713.46
						713.46
	Equipos y Herramientas					
3.01	Soilmec SR-145	hm	1	4	668	2672
3.02	Estación Total	hm	1	4	20	80
						2752

Figura 4.11 Hincado de Pilotes (Apu)

Fuente: Elaboración del autor

4.5 PRESUPUESTO DEL MÉTODO DE PILOTE ENTUBADO CON RECURSOS DE TUBERÍA RECUPERABLE

Para realizar cimentaciones profundas de un puente vehicular, con el método de Pilote entubado con recursos de tubería recuperable se logró obtener un costo de S/. 1'558,002.11 nuevos soles para la realización de 24 pilotes de 1500mm de diámetro con una profundidad de 17500 mm. (Ver Fig. 4.12)

Presupuesto Método de Pilotes Entubados con Recurso de Tubería Recuperable					
N°	PARTIDAS	UND	METRADO	P.U	PARCIAL (S./)
1	Suministro de Pilotes de 1200mm	und	24	40,125.59	963,014.27
2	Perforado de Pilotes	und	24	24,791.16	594,987.84
	TOTAL				1,558,002.11

Figura 4.12 Presupuesto Método de Pilotes Entubados con Recurso de Tubería Recuperable

Fuente: Elaboración del autor

4.6 PRESUPUESTO DEL MÉTODO DE HINCADO DE PILOTES.

Para realizar cimentaciones profundas de un puente vehicular, con el método de Hincado de Pilotes se logró obtener un costo de S/. 1'067,214.11 nuevos soles para la realización de 24 pilotes de 1500mm de diámetro con una profundidad de 17500 mm. (Ver Fig. 4.13)

Presupuesto Método Hincado de Pilotes					
Nº	PARTIDAS	UND	METRADO	P.U	PARCIAL (S./)
1	Suministro de Pilotes de 1200mm	und	24	40,125.59	963,014.27
2	Hincado de Pilotes	und	24	4,341.66	104,199.84
	TOTAL				1,067,214.11

Figura 4.13 Presupuesto Método Hincado de Pilotes

Fuente: Elaboración del autor

4.7 CUADRO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE PILOTAJE PARA UN PUENTE VEHICULAR

Entre los dos métodos de pilotaje resalta la diferencia del costo, pues en el primer método, *método de pilotes entubados con recurso de tubería recuperable*, se emplea s/. 1'558,002.11 nuevos soles a diferencia del segundo método, *método hincado de pilotes*, en el cual se emplea s/1'067,214.11, en los cuales se nota un sobre costo del primer método en s/.490,788 nuevos soles. (Ver Fig. 4.14)

Cuadro Comparativo de los Métodos de Pilotaje		
	Método Pilote con Tubería recuperable	Método de Hincado Pilote
Tiempo	Emplea un total de 60 días para el hincado de 24 pilotes.	Emplea un total de 12 días para el hincado de 24 pilotes.
Dinero	Con este método se gasta S/. 1'558,002.11	Con este método se gasta S/. 1'067,214.11

Figura 4.14 Cuadro Comparativo

Fuente: Elaboración del autor

Y como podemos notar, el factor tiempo también es fundamental, se puede apreciar la diferencia entre la ejecución de ambos métodos, *método de pilotes entubados con recurso de tubería recuperable*, se emplea 60 días a diferencia del segundo método, *método hincado de pilotes*, en el cual se emplean 12 días. (Ver Fig. 4.14)

V. CONCLUSIONES

- ❖ Se determinó que el método Hincado de Pilotes realizado para la cimentación de un puente vehicular es más económico y rápido.
- ❖ Se dio a conocer el procedimiento constructivo para pilotes entubados con recurso de tubería recuperable y para pilotes hincados.
- ❖ Se determinó que el método de hincado de pilotes tiene un rendimiento 5 veces mayor al método de pilotes entubados con recurso de tubería recuperable.
- ❖ Se realizó un presupuesto para pilotes entubados con recurso de tubería recuperable, demostrando que es más costoso que el método de pilotes hincados.
- ❖ Aun así, el método de pilotes entubados con recurso de tubería recuperable es un método en el cual sabemos que la integridad del pilote no se va a dañar pues su estructura es armada y vaciada in situ.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Se debe realizar un estudio de Mecánica de Suelos para saber el tipo de suelo en el que estamos trabajando y determinar el tipo de pilote que se realizará como cimentación profunda.
- ❖ Se debe estudiar a mayor profundidad el método de pilotes entubados con recurso de tubería recuperable, pues es un método en el cual se puede realizar en suelos pocos cohesivos, suelos con napa freática y percolación elevada, terrenos con alta resistencia y se puede lograr profundidades de hasta 50 metros, además, es el método que mejor garantiza la integridad y la verticalidad del pilote.
- ❖ En temas de costo y ejecución el método de pilotes hincados es el mejor, pues su rendimiento es aproximadamente 5 veces mayor al método de pilote con tubería de recubrimiento.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Alva, J. (s.f.). *Diseño de Cimentaciones*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- ❖ Arquigrafico. (2018). *Pilotes de Cimentación In Situ - Diferentes Métodos de Ejecución*.
- ❖ Bencosme, M. R. (06 de 2011). *Arquitectura21.com*. Obtenido de <https://www.arquitectura21.com/2011/06/partes-de-una-cimentacion-por-pilotes.html>
- ❖ *Construmatica*. (s.f.). Obtenido de https://www.construmatica.com/construpedia/Operario_de_Construcci%C3%B3n_de_Pilotes#NIVEL_FORMATIVO:
- ❖ Córdova, P. (2017). *Análisis Comparativo del Hincado de Pilotes desde Mar- Tierra e Hincado de Pilotes desde Tierra - Mar en un Muelle*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- ❖ De Jesus Monteverde, A. (2014). *Análisis comparativo entre pilotes hincados y moldeados en un muelle de contenedores*. Lima: Universidad San Martín de Porres.
- ❖ De Sales, N. F. (18 de Marzo de 2014). Conferencia Mota Engil Peru Sa.
- ❖ *Ingeniería Civil*. (s.f.). Obtenido de <http://ingecivilcusco.blogspot.com/2009/06/pilotes.html>
- ❖ Montoya, J., & Pinto Vega, F. (2010). *Cimentaciones*. Merida: Universidad de los Andes.
- ❖ Perez , P. (2010). *Implemetación informática para el cálculo de pilotes de hormigón "in situ" según el código técnico de la edificación*. Sevilla: Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.

- ❖ Peru, M. E. (2013). *Construcción Puente Vehicular Arica y Quebrada Seca y Accesos*. Lima.
- ❖ Portal, V. (2016). *Análisis comparativo de diez ecuaciones dinámicas de hincado de pilotes*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ❖ Urbina Palacios, R. (2004). *Guía para el diseño de pilotes*. Piura: Universidad de Piura.
- ❖ Wikipedia. (s.f.). Obtenido de
[https://es.wikipedia.org/wiki/Pilote_\(cimentaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Pilote_(cimentaci%C3%B3n))
- ❖ Yepes, V. (09 de Abril de 2019). *victoryepes.blogs.upv.es*. Obtenido de
<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/hinca-de-pilotes/>